

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 07-335686

(43)Date of publication of application : 22.12.1995

(51)Int.Cl.

H01L 21/60

(21)Application number : 06-127905

(71)Applicant : NIPPON STEEL CORP

(22)Date of filing : 09.06.1994

(72)Inventor : KITAMURA OSAMU
UNO TOMOHIRO

(54) GOLD ALLOY WIRE FOR BONDING

(57)Abstract:

PURPOSE: To provide a wire which is suitable for a semiconductor device which has a wiring distance of 3mm or above between electrodes on a semiconductor element and inner leads and which has a strong bonding strength after bonding by letting it include a specified amount each of Ca, Be, Y, Ce, La, and In and letting the rest part be constituted of Au and inevitable impurities.

CONSTITUTION: This wire includes 3-40wt.ppm of Ca, 0.5-15wt.ppm of Be, 4-30wt. ppm of Y, and 4-30wt.ppm of Ce or La or both of them. The total amount of Y and Ce or La or both of them should be 11wt.ppm or above and the total amount of Ca, Y and Ce or La or both of them should be 70wt.ppm or below. In addition, 5-60wt.ppm of In is included and the rest part is constituted of Au and inevitable impurities. Due to this composition, such a wire is obtained that has a small variation in the loop height and a small wire flow after resin sealing and that is suitable for a bonding wire for a long span.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 14.07.1998

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 16.11.1999

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-335686

(43) 公開日 平成7年(1995)12月22日

(51) IntCl ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 21/60	3 0 1 F			

審査請求 未請求 請求項の数2 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願平6-127905	(71) 出願人	000006855 新日本製鐵株式会社 東京都千代田区大手町2丁目6番3号
(22) 出願日	平成6年(1994)6月9日	(72) 発明者	北村 修 神奈川県川崎市中原区井田1618番地 新日本製鐵株式会社先端技術研究所内
		(72) 発明者	宇野 智裕 神奈川県川崎市中原区井田1618番地 新日本製鐵株式会社先端技術研究所内
		(74) 代理人	弁理士 大関 和夫

(54) 【発明の名称】 ボンディング用金合金細線

(57) 【要約】

【目的】 樹脂封止時のワイヤ流れを低減させ、かつ接合強度の低下を防止するワイヤボンディング用金合金細線。

【構成】 純度99.995%以上の金にCa、Be、YおよびCeまたはLaの何れか1種または2種およびInを含有せしめ、これらの元素の複合効果によって金合金細線のヤング率の向上を図り、必要に応じて銀と銅の他にPdまたはPtのいずれか1種または2種を含有させ接合強度を向上せしめる。

【効果】 5mm以上のロングスパンを要する半導体装置における樹脂封止後のワイヤ流れを10%以下に抑える。

【特許請求の範囲】

【請求項1】 カルシウムを3～40重量ppm、ベリリウムを0.5～15重量ppm、イットリウムを4～30重量ppm、およびセリウムまたはランタンの一方または両者を4～30重量ppmの範囲内で含有し、かつイットリウム、およびセリウムまたはランタンの一方または両者の総量を11重量ppm以上とし、なおかつカルシウム、イットリウム、およびセリウムまたはランタンの一方または両者の総量を70重量ppm以下とし、さらにインジウムを5～60重量ppmの範囲内で含有し、残部が金とその不可避不純物からなるボンディング用金合金細線。

【請求項2】 さらに、銀を5～40重量ppm、銅を5～30重量ppm、およびパラジウムまたは白金の一方または両者を5～30重量ppmの範囲内で含有する請求項1記載のボンディング用金合金細線。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、半導体素子上の電極と外部リードとを接続するために利用する金合金細線に関し、より詳しくは半導体素子上の電極とインナーリード間の配線距離が少なくとも3mm以上を有する半導体装置で、かつ接合後の接合強度を向上せしめるボンディング用金合金細線に関する。

【0002】

【従来の技術】従来、半導体素子上の電極と外部リードとの間を接続するボンディング線としては、電気伝導性、耐食性等の信頼性から金合金細線が主として使用されている。金合金細線をボンディングする技術としては、熱圧着法が代表的な方法である。熱圧着法は、金合金細線の先端部分を電気トーチで加熱溶解し、表面張力によりボールを形成させた後に、150～300℃の範囲内で加熱した半導体素子上の電極にこのボール部を圧着し、超音波振動を付加して接合せしめた後に、さらにリード側との接続を超音波圧着接合で行う方法が一般的である。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】近年、半導体素子の集積度の進歩に伴って、論理回路用半導体素子上の電極数が増加し、かつ半導体装置の小型化が図られている。電極数の増加は、半導体素子上の電極間ピッチあるいはインナーリード間ピッチの加工限界等の制約から、半導体素子上の電極とインナーリード間との距離を必然的に長くし（以下ロングスパンと称する）、従来3mm程度であった金合金細線の接続距離が4.5～5mmに増大している。その結果、半導体素子の樹脂封止時に、樹脂の流動抵抗による金合金細線の変形によってワイヤ流れが生じ、金合金細線間の接触による半導体装置の不良を起こしやすいこと、また近年、半導体素子上の配線幅を細くするために従来の純アルミニウム配線からアルミニウ

ム合金配線へと変わりつつあり、半導体素子上の電極表面に生じる酸化物層により金ボールとの接合強度が低下して接合信頼性を悪化させる現象や、振動断線を抑えるためにリードフレーム上にポリイミドフィルムを接着した構造を用いることから、ボンディング時の接合温度を低温化せざるを得ず、このため接合強度の低下と接合信頼性の悪化を招く等の問題が生じている。

【0004】半導体製造業界では、これらの欠陥の発生がないか、あるいは極めて欠陥発生率の少ない新規なロングスパン用金合金細線への要望が高かった。本発明は、半導体素子上の電極とインナーリード間の配線距離が少なくとも3mm以上を有する半導体装置で、かつ接合後の接合強度を向上せしめたボンディング用金合金細線を提供することを目的とするものである。

【0005】

【課題を解決するための手段】本発明者らは、従来の各種金合金細線と上述の各種欠陥との関係を詳細に調査した結果、樹脂封止の際に流入する樹脂の流動抵抗によって生じるワイヤ変形を防止するには、金合金細線のヤング率を高くすることが有効であることを見出した。ヤング率を向上させるには、金合金細線の再結晶温度を高くし、かつ破断強度を向上させた金合金細線とすることが有効である。本発明者らは、種々の金合金細線を試作して研究を行った結果、以下の元素類を含有せしめた金合金細線が、樹脂封止時のワイヤ流れ欠陥を防止し、信頼性を向上できることを見出した。また、接合強度を向上させるには、ボンディング時の超音波接合条件の変更のみでは十分な対応はできず、金合金細線の成分による接合性の改善法を研究した結果、ある元素添加の組み合わせで改善できることを見出した。

【0006】本発明は、上記知見に基づいてなされたもので、その要旨とするところは下記のとおりである。

(1) カルシウムを3～40重量ppm、ベリリウムを0.5～15重量ppm、イットリウムを4～30重量ppm、およびセリウムまたはランタンの一方または両者を4～30重量ppmの範囲内で含有し、かつイットリウム、およびセリウムまたはランタンの一方または両者の総量を11重量ppm以上とし、なおかつカルシウム、イットリウム、およびセリウムまたはランタンの一方または両者の総量を70重量ppm以下とし、さらにインジウムを5～60重量ppmの範囲内で含有し、残部が金とその不可避不純物からなるボンディング用金合金細線。

【0007】(2) さらに、銀を5～40重量ppm、銅を5～30重量ppm、およびパラジウムまたは白金の一方または両者を5～30重量ppmの範囲内で含有する前記(1)記載のボンディング用金合金細線。

【0008】

【作用】以下、本発明の構成についてさらに詳細に説明する。本発明に使用する金は、少なくとも純度99.9

95%以上のものを前提としている。金の純度が99.995%未満の場合には、含有する不純物元素の種類にもよるが、ボンダーのキャピラリーによるループ高さ制御を行う場合に、ボールネック部に亀裂を生じる発生頻度が増大する他、本発明の構成による金合金細線の特性のバラツキが増大する結果、金合金細線としての安定した品質を確保できなくなる。望ましい金純度としては、99.999%以上である。

【0009】金中のカルシウム、イットリウム、およびセリウムまたはランタンは、伸線加工時に適度な加工硬化をもたらし、伸線途中での断線の発生を防止する他、金線の加工組織の熱処理による再結晶温度を上昇させる効果が知られている（例えば、ドイツ国特許公告第1608161号〔1970年9月24日〕、特開昭58-154242号公報等）。

【0010】本発明者らは、研究の過程で、カルシウム、ベリリウム、イットリウム、およびセリウムまたはランタン的一方または両者を含有する金合金細線がヤング率を向上させ、結果として樹脂封止時に生じるワイヤ流れを低減させる効果があることを見出した。この効果は、イットリウムを含まない希土類元素類の組み合わせ場合には、調質熱処理後の金合金細線の破断強度が、イットリウムとセリウムまたはランタン的一方または両者との組み合わせの場合と同様に向上するものの、ヤング率の向上には必ずしも十分でなかった。

【0011】また、インジウムは、従来ループ高さを高くする効果が知られていたが（例えば、特開昭63-145729号公報）、本発明者らは研究の過程で、これがヤング率を向上させる効果を有することを新たに見出した。この組み合わせの場合には、イットリウムとセリウムまたはランタン的一方または両者の含有量がほぼ等量の場合に、その効果が大きくなることを見出した。他方、インジウムの場合は、含有量を増加させても調質熱処理後の金合金細線の破断強度には変化がない。イットリウムとセリウムまたはランタン的一方または両者による効果とインジウムの効果を組み合わせることで、調質熱処理後の金合金細線の破断強度を必要以上に大きくすることなく、ヤング率を向上させることができる。

【0012】スパン5mm以上の半導体装置の樹脂封止後のワイヤ流れは、従来の金合金細線を使用した場合には、一般的に10%を超えるのが現状である。ワイヤ流れをこれ以下にするには、図1～図4に示すように、ヤング率の値が8500～9000kg/mm²以上の値にする必要があることが実験結果から判明した。なお、本発明におけるヤング率は、いずれも引張試験法で得られた常温での値で表示した。

【0013】カルシウムの含有量が3重量ppm未満では、本発明の他の構成元素を最大限に含有せしめたとしてもヤング率の値が上述の値には達せず不十分であることから、カルシウムの下限を3重量ppmとした。ま

た、ロングスパンのボンディングを行うと、一般的には3mm未満の距離のボンディングの場合よりループ高さが高くなる傾向があり、ループ高さを制御するためにはカルシウム含有量を増量させる必要がある。しかしながら、本発明の構成要素であるイットリウムとセリウムまたはランタン的一方または両者の含有量が合計30重量ppmで、なおかつカルシウム含有量が40重量ppmを超えると、現状のボンダーに設置されたアーク放電用電源の特性では、安定したボール形成が可能な最短時間の放電条件（例えば、0.5ミリ秒以下）にしてもボール先端部に収縮孔が発生して真球ボールが形成されないこと、およびシエラ強度の低下が著しいことから、カルシウム含有量の上限を40重量ppmとした。

【0014】イットリウムとセリウムまたはランタン的一方または両者の共存効果としては、上述した如く、ヤング率を向上させる効果がある。本発明者らは、本発明の他の構成元素、すなわちカルシウム、ベリリウムおよびインジウムとこれらを同時に含有させた場合に、従来の金合金細線のヤング率よりも高い値が得られることを見出した。上述のヤング率（8500～9000kg/mm²）を得るためには、イットリウムとセリウムまたはランタン的一方または両者のそれぞれの含有量が4重量ppm以上で、かつこれらの合計量が11重量ppm以上である必要があることから、下限値をそれぞれ4重量ppmとし、これらの総量の下限値を11重量ppmとした。ただし、スパンが5mm以下の場合には、この下限値未満でも樹脂封止時のワイヤ流れ量を10%以下にできることは、スパンが短く流動樹脂との接触面積の低下分だけワイヤ変形が減少することからも明らかである。また、ヤング率の値を8500～9000kg/mm²以上の値にするためには、イットリウムとセリウムまたはランタン的一方または両者の含有量をほぼ同量にすることが望ましい。他方、イットリウムとセリウムまたはランタン的一方または両者の含有量が、それぞれ30重量ppmを超え、なおかつ本発明の構成元素のうち、カルシウムが40重量ppmを超えると、前述のアーク放電用電源の特性では大きな収縮孔がボール先端部に形成され、半導体素子上の電極との接合時にこの収縮孔が残存すること、またシエラ強度の低下が大きくなって接合信頼性を低下させることから、イットリウムとセリウムまたはランタン的一方または両者の上限を、それぞれ30重量ppmとした。

【0015】ベリリウムは、加工硬化による伸線時の金合金細線の強度を向上させる効果が知られている。ベリリウムと、カルシウム、イットリウム、およびセリウムまたはランタン的一方または両者を含有する金合金細線は、ボールネック部の結晶粒を従来の金合金細線よりも細かくできる効果がある他、常温強度を向上させる効果もある。この効果は、カルシウムを含有する条件下では、ベリリウムが0.5重量ppm未満では加工硬化の

効果が十分に得られず、一方、他の共存元素を含む場合には、15重量ppmを超えるとボール部の硬さが大になり、結果としてボンディング時に電極下部の半導体素子に割れ等の損傷を起こす場合があること、またボール先端部に収縮孔が発生して充分な接合信頼性が得られないことなどから、ベリリウム含有量の上限を15重量ppmとした。

【0016】インジウムの効果としては、上述の如く、ループ高さを高くすることが知られている。本発明者らは、この効果の他に、再結晶温度やその他の機械的特性には殆ど影響を与えずにヤング率を向上させるという効果を見出した。さらに、カルシウム、ベリリウム、イットリウム、およびセリウムまたはランタンの一方または両者との共存状態では、複合的效果によってヤング率の値をさらに向上させる結果、容易にヤング率の値を8500~9000kg/mm²以上にでき、結果として樹脂封止後のワイヤ流れを低減できることを見出した。この効果を実際に発現させるには、インジウムの含有量は5重量ppm以上が必要である。他方、インジウムの含有量が60重量ppmを超えてもヤング率の向上効果は認められるものの、ループ高さは却って低くなる傾向があり、なおかつループ高さのバラツキが増大することから、インジウム含有量の範囲を5~60重量ppmとした。

【0017】カルシウム、ベリリウム、イットリウム、およびセリウムまたはランタン一方または両者を含む金合金細線は、いずれの元素も酸素との親和力が強く、ボール表面に酸化物を形成する結果として、半導体素子上の電極との接合において剪断強度（以下シエア強度と称する）が低下する傾向がある。また、ポリイミドフィルムをリードフレームに接着させて、インナーリードの振動を抑えるなどの周辺材料等の制約から、ボンディング時の温度を低温化させる場合も同様に剪断強度が低下する。

【0018】本発明者らは、上記のような場合に、パラジウムまたは白金の一方または両者と、銀および銅とを共存させることにより、このシエア強度の低下を防止できることを見出した。この理由については、未だ十分に解明されていないが、電極と接合される部分の酸化物がボールネック側に移行し、接合強度を確保するのに必要な金属面が存在しているためと考えられる。

【0019】パラジウムあるいは白金と、銀および銅は、金と全率固溶する元素であり、金中に数パーセント以上を含有させると機械的強度の向上に効果があるものの、100重量ppm以下の微量添加では機械的強度の向上には殆ど寄与しないことが知られている。ボール接合部の剪断強度（シエア強度）を向上させる効果は、種々の実験の結果、パラジウムまたは白金の一方または両者が5重量ppm未満では十分な効果がなく、また30重量ppm超ではその効果が飽和し、ループ高さのバ

ラツキが増大する傾向が現れることから、パラジウムまたは白金の一方または両者の範囲を5~30重量ppmとした。

【0020】銀を含有せしめると、わずかながらボールネック部の引張強度を上げる効果があるが、ボール接合部の剪断強度（シエア強度）を大にする効果は、銀が5重量ppm未満では、他の元素が十分に存在していても不十分であり、また40重量ppm超では、接合部の長期信頼性を低下させる傾向があることから、銀の範囲を5~40重量ppmとした。

【0021】銅は、その他の銀、白金あるいはパラジウムが十分に含有されている場合でも、5重量ppm未満ではボール接合部の剪断強度（シエア強度）を大にする効果が十分でなく、また30重量ppm超では、その他の共存元素の共存下で形成したボールの硬度が大になり、ボンディング時に半導体素子の損傷を起こす頻度が増加することから、その範囲を5~30重量ppmとした。

【0022】また、パラジウムあるいは白金は、銀および銅との共存によって、ボールネック部のループ制御時に金合金細線が受ける変形によって生じる微細な損傷が低下させる効果が認められた。しかしながら、パラジウムまたは白金の一方または両者と、銀および銅からなる元素の総量が多くなるとループ高さのバラツキが増大することから、これらの総量を25~50重量ppmの範囲にすることが望ましい。

【0023】

【実施例】以下、実施例について説明する。まず、金純度が99.999重量%の電解金を用いて、前述の各添加元素を含有する母合金を個別に高周波真空溶解炉で溶解鑄造して溶製した。このようにして得られた各添加元素の母合金の所定量と、金の純度が99.999重量%である電解金とにより、本発明の構成成分からなる表1~表13（表11のつづき-2）の金合金と本発明の構成成分の範囲外の成分からなる表14~表18（表16のつづき-2）の金合金を高周波真空溶解炉で溶解鑄造し、その鑄塊を圧延した後に常温で伸線加工を行い、加工硬化の増大によるダイヤモンドダイスの寿命低下の防止と伸線時の集合組織制御のために、金合金細線の間焼鈍工程を加えた。さらに伸線加工を続け、最終線径を25μmφの金合金細線とした後に、大気雰囲気中で連続焼鈍して金合金細線の伸び値が約4~5%になるように調整した。

【0024】得られた金合金細線について、常温の機械的特性を表1~表13に併せて示した。また、本発明の構成成分の範囲外の金合金細線の機械的特性を表14~表18に併せて示した。これらの金合金細線のボンディング特性を調査するために、ボール径を金合金細線の2.5倍になるように調整し、接合条件とループ制御条件を一定条件に設定した高速自動ボンダーを使用して、

QFP100ピンのリードフレームにスパン5.0mmにしたダミー半導体素子上の電極とインナーリードとの間を接合した。その後、ループ高さ、ワイヤ変形量、プル強度、およびシエア強度を測定した。

【0025】ループ高さは、微小距離測定機付投影機を用いて半導体素子の電極面を基準線にし、100本のループの最高高さを求めて平均値とバラツキを求めた。ワイヤ変形量は、微小距離測定機付投影機で基準線に半導体素子上の電極に接合したワイヤネック部とインナーリード側の両接合部を合致させた後に、金合金細線の隔たり（最大たわみ量）の距離を各100本測定し、その平均値で示した。

【0026】プル強度は、ボンディング後の金合金細線の中央部（各スパンの中央部）にフックを掛けて、垂直に移動させて金合金細線が破断する際の最大荷重を100本測定し、その平均値で表した。シエア強度は、半導体素子上の電極に接合したボール部を素子の電極から3μm離れた位置の治具を電極と平行に移動させてボールを剪断破壊し、その時の最大荷重を測定した100個の平均値で評価した。

【0027】また、このボンディング時に別途作成したボールを、走査型電子顕微鏡で形状と収縮孔の有無を、各金合金細線につき5個を観察し、正常なボールが5個とも得られたものを○印、異常なボールが2個以上観察された場合には×印で表示した。ワイヤ流れは、同一ロットの封止用樹脂を用いてシングルボット方式の封止装置にて樹脂封止した後、柔X線透過装置で金合金細線の変形量をワイヤ変形量の測定と同じ要領で、5個の半導体装置の樹脂流入孔の両側の各5本、総計50本の最大たわみ量の百分率で示した値の平均値から、7.5%以下を○印で、10%以下を△印で、10%を超える場合を×印で表わし、表1～表18に示した。

【0028】図1および図3には、表1～表13の本発明実施例の代表的な成分についてのインジウム、イットリウム、およびセリウムまたはランタンの含有量を変化させた場合のヤング率を引張試験法で求めた結果を示し、また図2および図4には、この金合金細線を樹脂封

止した後のワイヤ流れを上述の方法で測定した結果を示した。

【0029】本発明の構成成分からなる表1～表13の各金合金細線のボンディング結果は、表14～表18に記載する比較例に比べて樹脂封止後の流れ率がいずれも10%以下を示し、ボール形状もいずれも正常であった。なお、表14～表18の比較例の試作材中にも樹脂封止後の流れ率が10%以下を示す金合金細線もあるが、いずれもループ高さのバラツキやワイヤ変形量が大きかったり、シエア強度が50gf以下であるか、あるいはボール形状が異常である等の欠陥を有している。

【0030】プル強度は、一般には最低4gf以上の値であればよいといわれているが、表1～表13の実施例の結果はいずれもこの値を満足している。これに対して、比較例の中にはこの値を満たさない場合もあった。また、シエア強度は、一般的には最低40gf以上あれば、半導体装置としては問題がないとされているが、ステージ温度を低くせざるを得ない場合には、一般的に10gf以上低下する傾向があることから、最低50gf以上が望まれる。本発明の構成成分からなる各金合金細線は、いずれも50gf以上の値が確保されている。

【0031】本発明の範囲内の銀、銅、および白金またはパラジウム的一方または両者を含む金合金細線の剪断強度は、これらを含まない同一成分の場合より、いづれも高い値を示している。図2および図4の結果は、ヤング率の値と樹脂封止後のワイヤ流れ量との関係を示すもので、ヤング率とワイヤ流れ量とは明らかに相関があることを示しており、ヤング率が高くなるとワイヤ流れ量は減少している。このことから、表1～表13に示す本発明の構成成分からなる金合金細線の樹脂封止後のワイヤ流れ量が表14～表18の比較例よりいずれも良好であることは、単に金合金細線の破断強度に依存するのではなく、ヤング率の寄与が大きいことを表している。

【0032】

【表1】

実施例その1 (表1)

No.	元素含有量 (wt. ppm)									機械的強度		ループ高さ		ワイヤ変形率 (%)	プル強度 (gf)	シニア強度 (gf)	樹脂付着性	ボンド付着性
	Be	Ca	Y	Ce	Ag	Cu	Pd	Pt	In	E.1 (N)	E.1 (gf)	(μm)	σ					
1	0.5	4	6	6	0	0	0	0	8	4.2	12.3	209.0	4.67	10.03	6.6	66.2	○	○
2	0.6	3	5	6	0	0	0	0	20	4.3	12.2	219.6	4.18	9.81	6.9	66.4	△	○
3	0.5	4	6	6	0	0	0	0	60	4.3	12.2	201.9	4.78	8.46	6.4	65.8	○	○
4	0.7	4	4	29	0	0	0	0	5	4.2	13.8	200.2	5.10	8.66	6.4	64.5	○	○
5	0.5	3	5	29	0	0	0	0	53	4.4	13.4	199.8	4.11	9.20	6.9	64.8	○	○
6	0.6	5	15	14	0	0	0	0	25	4.5	13.0	208.9	4.56	9.87	6.6	63.8	○	○
7	0.8	3	28	4	0	0	0	0	5	4.2	12.9	203.2	5.78	9.95	6.5	65.5	○	○
8	0.9	4	28	6	0	0	0	0	5	4.6	12.6	201.6	5.83	9.48	6.4	64.7	○	○
9	0.7	10	6	10	0	0	0	0	20	4.4	12.9	198.6	5.13	9.91	6.3	62.8	○	○
10	0.6	16	13	14	0	0	0	0	30	4.5	13.3	187.6	4.21	9.33	6.0	58.5	○	○
11	0.5	15	27	27	0	0	0	0	7	4.8	14.5	175.0	4.82	8.53	5.6	53.5	○	○
12	0.5	15	26	27	0	0	0	0	25	4.3	14.5	181.7	5.28	9.19	5.8	58.3	○	○
13	0.6	20	12	12	0	0	0	0	80	4.2	13.5	184.0	4.54	9.84	6.9	67.3	○	○
14	0.8	20	20	21	0	0	0	0	30	4.5	14.0	179.1	5.73	9.89	5.7	54.9	○	○
15	0.9	38	6	6	0	0	0	0	5	4.2	13.1	166.1	5.80	9.88	5.3	63.3	○	○
16	0.7	39	6	7	0	0	0	0	55	4.6	12.9	163.7	5.99	8.57	5.2	52.3	○	○
17	0.6	37	14	15	0	0	0	0	6	4.7	13.6	162.4	5.29	8.88	5.2	50.0	○	○
18	0.7	38	14	14	0	0	0	0	59	4.6	13.6	153.1	4.82	9.52	5.0	49.0	○	○
19	0.5	40	20	9	0	0	0	0	7	4.5	13.5	162.0	5.94	7.72	5.2	48.4	○	○
20	0.8	39	10	20	0	0	0	0	55	4.8	13.7	158.0	5.16	9.04	5.1	48.6	○	○

【0033】

【表2】

実施例その1 (表1のつづき-1)

No.	元素含有量 (wt. ppm)									機械的強度		ループ高さ		ワイヤ変形率 (%)	プル強度 (gf)	シニア強度 (gf)	樹脂付着性	ボンド付着性
	Be	Ca	Y	Ce	Ag	Cu	Pd	Pt	In	E.1 (N)	E.1 (gf)	(μm)	σ					
21	7	3	7	6	0	0	0	0	6	4.5	11.6	213.0	4.26	9.43	6.7	66.1	○	○
22	6	4	5	6	0	0	0	0	20	4.7	11.6	218.7	4.97	8.78	6.9	65.5	△	○
23	7	4	6	6	0	0	0	0	60	4.8	11.8	202.7	5.57	9.80	6.4	65.4	○	○
24	7	3	6	29	0	0	0	0	5	4.2	13.1	201.8	5.66	9.78	6.4	64.2	○	○
25	6	8	7	29	0	0	0	0	58	4.4	13.1	197.5	5.82	9.72	6.3	63.7	○	○
26	6	3	15	14	0	0	0	0	25	4.5	12.5	211.8	5.51	9.56	6.7	64.1	○	○
27	6	3	28	6	0	0	0	0	5	4.2	12.5	202.6	5.21	9.12	6.4	64.4	○	○
28	5	4	28	6	0	0	0	0	5	4.8	12.8	201.9	4.41	9.84	6.4	64.2	○	○
29	6	10	9	10	0	0	0	0	20	4.4	12.5	197.9	5.87	9.85	6.3	61.7	○	○
30	6	16	13	14	0	0	0	0	30	4.5	13.0	186.8	4.83	8.57	5.9	57.9	○	○
31	6	15	27	27	0	0	0	0	7	4.9	14.1	174.1	5.29	9.24	5.6	53.6	○	○
32	7	15	26	27	0	0	0	0	25	4.8	14.0	180.8	4.82	9.96	5.8	55.4	○	○
33	7	20	12	12	0	0	0	0	30	4.2	13.1	183.1	5.94	8.49	5.8	56.6	○	○
34	7	20	20	21	0	0	0	0	30	4.5	13.6	178.3	5.15	9.03	5.7	54.3	○	○
35	7	38	6	7	0	0	0	0	5	4.2	12.8	163.3	4.25	9.41	5.3	52.8	○	○
36	7	39	7	7	0	0	0	0	55	4.6	12.5	162.9	4.94	8.72	5.2	51.8	○	○
37	7	37	14	15	0	0	0	0	6	4.7	13.2	161.5	5.57	9.88	5.2	49.4	○	○
38	7	39	14	14	0	0	0	0	59	4.6	13.2	154.3	5.39	9.38	5.0	48.4	○	○
39	5	40	20	9	0	0	0	0	7	4.5	13.2	161.1	4.89	8.85	5.2	48.7	○	○
40	7	39	10	20	0	0	0	0	55	4.8	13.7	157.3	5.45	8.47	5.0	48.0	○	○

【0034】

【表3】

実施例その1 (表1のつづき-2)

No.	元 素 含 有 量 (wt. ppm)									機 械 的 強 度		ループ高さ		ワイヤ膨張率 (%)	プル強度 (gf)	シニア強度 (gf)	樹脂剥離試験	ボンド試験
	Be	Ca	Y	Ce	Ag	Cu	Pd	Pt	In	E.1(N)	E.1(gf)	(μm)	σ					
41	14	3	7	6	0	0	0	0	6	4.8	11.4	211.4	5.05	8.20	6.7	65.6	○	○
42	14	3	5	6	0	0	0	0	21	4.8	11.5	218.2	5.88	9.70	6.9	65.5	△	○
43	14	4	6	7	0	0	0	0	58	4.3	12.0	202.8	4.30	8.94	6.4	64.9	○	○
44	14	3	7	28	0	0	0	0	5	4.2	13.1	201.2	5.08	8.93	6.4	63.8	○	○
45	15	3	7	30	0	0	0	0	58	4.4	13.1	196.8	5.86	9.98	6.3	63.5	○	○
46	14	3	15	14	0	0	0	0	24	4.5	12.6	212.5	5.21	10.85	6.7	63.9	△	○
47	14	4	28	6	0	0	0	0	6	4.2	12.6	202.0	4.40	11.80	6.4	63.8	○	○
48	14	3	28	6	0	0	0	0	5	4.8	12.2	202.6	5.33	11.12	6.4	64.0	○	○
49	14	10	11	10	0	0	0	0	21	4.4	12.6	196.7	4.74	8.84	6.3	61.0	○	○
50	14	16	16	14	0	0	0	0	30	4.5	13.0	185.6	6.03	7.88	5.9	57.2	○	○
51	14	15	28	26	0	0	0	0	7	4.3	14.0	173.6	5.83	12.19	5.9	55.1	○	○
52	14	15	28	27	0	0	0	0	20	4.3	14.1	178.8	4.17	11.11	5.7	55.0	○	○
53	14	20	12	12	0	0	0	0	30	4.2	13.1	182.6	4.72	9.81	5.8	56.3	○	○
54	14	19	21	21	0	0	0	0	28	4.5	13.6	178.6	5.00	10.40	5.7	54.2	○	○
55	14	39	6	7	0	0	0	0	8	4.2	12.6	183.4	5.74	12.00	6.3	62.2	○	○
56	14	40	7	7	0	0	0	0	57	4.6	12.5	160.8	5.83	12.19	5.1	61.2	○	○
57	14	37	14	15	0	0	0	0	8	4.7	13.3	181.0	4.17	11.11	5.2	48.1	○	○
58	16	39	14	16	0	0	0	0	58	4.6	13.4	154.0	4.72	12.30	4.8	47.6	○	○
59	14	40	19	8	0	0	0	0	5	4.5	13.2	158.7	4.30	8.80	5.1	48.6	○	○
60	14	39	9	20	0	0	0	0	56	4.8	13.7	156.3	5.03	10.58	5.0	47.9	○	○

備考: (1) 樹脂剥離試験基準 $8 \leq 7.5\%$ (可) $7.5 < \Delta \leq 1.0$ (可) $X > 1.0$ (不可)(2) ボンド試験基準 8 未満: 収縮孔なし/最小 X 未満: 収縮孔大

【0035】

【表4】

実施例その2 (表4)

No.	元素含有量 (wt. ppm)									機械的強度		ループ高さ		ワイヤ膨張率 (%)	プル強度 (gf)	シニア強度 (gf)	樹脂剥離試験	ボンド試験
	Be	Ca	Y	Ce	Ag	Cu	Pd	Pt	In	E.1(N)	E.1(gf)	(μm)	σ					
1	0.5	4	4	7	5	5	5	0	8	4.2	12.4	208.4	6.34	8.72	6.8	68.0	○	○
2	0.8	3	7	7	0	5	5	5	6	4.3	12.2	212.1	5.41	8.96	6.7	68.5	○	○
3	0.5	4	6	5	8	6	5	3	6	4.3	12.1	208.4	4.37	8.86	6.8	68.8	○	○
4	0.7	4	7	6	2	6	7	3	5	4.2	12.3	207.6	5.37	8.80	6.8	68.8	○	○
5	0.5	3	6	5	28	39	27	0	28	4.4	12.0	220.9	4.27	9.72	7.0	74.1	○	○
6	0.6	4	7	4	0	38	29	28	25	4.5	12.0	216.6	6.46	8.82	6.8	73.8	△	○
7	0.6	3	5	6	15	40	20	11	24	4.2	12.2	220.5	6.31	8.90	7.0	74.9	△	○
8	0.8	4	8	7	8	22	18	5	25	4.6	12.1	216.3	5.46	8.43	6.8	71.3	○	○
9	0.7	10	9	10	8	40	5	0	20	4.4	12.9	198.6	4.62	10.06	6.3	65.6	○	○
10	0.6	16	13	14	0	39	5	5	30	4.5	13.3	187.6	5.78	9.84	6.0	61.9	○	○
11	0.5	15	27	27	0	38	30	6	7	4.3	14.5	175.0	5.33	9.29	5.6	61.6	○	○
12	0.5	15	26	27	7	37	20	0	25	4.3	14.6	181.7	4.18	9.59	5.8	61.7	○	○
13	0.6	20	12	12	6	22	18	5	30	4.2	13.5	184.0	4.83	10.48	5.8	62.8	○	○
14	0.8	20	20	21	8	40	5	0	30	4.5	14.0	178.1	4.30	9.78	5.7	58.3	○	○
15	0.8	38	6	7	0	38	5	5	5	4.2	13.1	166.1	5.17	9.03	5.3	56.7	○	○
16	0.7	39	7	7	0	38	30	8	55	4.6	12.9	163.7	6.03	10.20	5.2	57.8	○	○
17	0.6	37	14	15	7	37	30	0	6	4.7	13.6	162.4	6.05	10.23	5.2	56.4	○	○
18	0.7	39	14	14	28	39	27	0	59	4.6	13.6	155.1	6.11	10.31	5.0	56.6	○	○
19	0.5	40	20	9	0	38	29	28	7	4.5	13.5	162.0	6.27	8.65	5.2	57.4	○	○
20	0.8	39	10	20	6	22	18	5	55	4.8	13.7	158.0	5.22	9.11	5.1	54.1	○	○

【0036】

【表5】

実施例その2 (表4のつづき-1)

No.	元 素 含 有 量 (wt. ppm).										機 械 的 強 度		ループ高さ		ワイヤ変形率 (%)	ブル強度 (gf)	シヤズ度 (gf)	機械的	ボール状
	Be	Ca	Y	Ce	Ag	Cu	Pd	Pt	In	E.1 (%)	B.1 (gf)	(μ m)	σ						
21	7	3	4	8	28	39	80	0	6	4.5	11.6	211.4	8.18	10.40	6.7	73.8	○	○	
22	6	4	7	4	0	40	29	30	20	4.6	11.5	218.1	7.15	11.55	6.9	74.0	△	○	
23	7	8	6	6	15	38	25	13	60	4.3	11.7	208.8	4.77	10.39	6.5	74.7	○	○	
24	7	8	8	29	6	6	6	0	5	4.2	12.9	205.9	4.13	9.52	6.5	67.1	○	○	
25	8	4	7	20	0	6	6	7	58	4.4	13.2	196.1	4.70	10.80	6.2	65.9	○	○	
26	7	8	15	14	2	7	5	6	25	4.5	12.5	213.8	6.25	8.60	6.8	67.2	○	○	
27	7	3	28	4	28	7	5	0	5	4.2	12.3	205.6	5.18	9.05	6.5	68.2	○	○	
28	7	8	28	6	0	8	6	30	5	4.6	12.2	203.0	6.06	10.24	6.4	67.8	○	○	
29	6	10	8	10	0	25	17	12	20	4.4	12.5	197.9	8.12	10.33	6.8	68.7	○	○	
30	7	16	13	14	27	20	16	9	30	4.5	13.0	188.8	8.30	8.67	5.9	64.9	○	○	
31	8	15	27	27	0	5	29	7	7	4.8	14.1	174.1	5.80	8.21	5.6	59.0	○	○	
32	7	15	26	27	27	5	7	2	25	4.3	14.1	180.8	8.39	8.78	5.8	59.1	○	○	
33	6	20	12	12	8	27	12	5	30	4.2	13.1	183.2	5.55	9.55	5.8	62.8	○	○	
34	7	20	20	21	11	28	17	0	30	4.5	13.6	178.3	4.78	10.37	5.7	59.1	○	○	
35	7	38	6	7	6	5	5	0	5	4.2	12.8	163.3	6.39	8.79	5.3	54.8	○	○	
36	7	38	7	5	0	6	6	7	55	4.6	12.3	164.0	5.58	9.58	5.3	54.9	○	○	
37	7	37	14	15	2	7	5	8	6	4.7	13.2	161.5	4.78	10.41	5.2	52.2	○	○	
38	7	38	14	14	28	7	5	0	59	4.8	13.2	164.3	4.16	9.56	5.0	51.6	○	○	
39	6	40	20	4	0	37	28	29	7	4.5	12.8	163.7	4.78	10.41	5.2	58.2	○	○	
40	7	39	10	20	15	30	27	13	55	4.8	13.7	157.2	4.17	8.58	5.0	53.6	○	○	

【0037】

【表6】

実施例その2 (表4のつづき-2)

No.	元素含有量 (wt. ppm)										機械的強度		ループ高さ		ワイヤ変形量 (%)	ブル強度 (gf)	シェイズ度 (gf)	樹脂被覆	ボール状
	Be	Ca	Y	Ce	Ag	Cu	Pd	Pt	In	E.1(%)	B.1(gf)	(μ m)	σ						
41	14	4	7	8	7	6	6	0	6	4.8	11.5	208.0	4.82	10.46	6.6	67.6	○	○	
42	15	3	6	6	0	7	6	6	7	4.5	11.6	212.4	4.26	9.79	6.8	68.2	○	○	
43	14	4	6	7	4	6	7	3	6	4.3	11.9	208.5	5.06	8.89	6.6	68.2	○	○	
44	14	4	7	28	5	40	6	0	5	4.2	13.2	199.6	5.74	9.81	6.3	66.8	○	○	
45	14	3	7	39	6	6	29	0	58	4.4	13.1	196.8	5.27	8.16	6.8	66.5	○	○	
46	15	3	15	14	0	6	7	30	24	4.5	12.5	213.3	6.29	8.66	6.8	67.6	○	○	
47	14	3	28	6	30	8	6	0	6	4.2	12.6	205.1	5.29	9.19	6.5	67.6	○	○	
48	14	3	28	6	10	38	28	0	5	4.8	12.2	202.4	6.35	8.74	6.4	69.8	○	○	
49	14	10	11	10	5	28	19	12	21	4.4	12.6	196.7	5.44	8.41	6.3	67.8	○	○	
50	15	16	15	14	0	25	19	11	30	4.5	13.0	185.6	4.47	9.99	5.9	62.1	○	○	
51	14	15	28	26	28	37	28	0	7	4.3	14.0	173.8	5.84	9.07	5.5	62.7	○	○	
52	15	15	26	27	0	39	29	27	20	4.3	14.0	176.8	4.99	8.79	5.7	63.0	○	○	
53	14	20	12	12	20	38	30	9	30	4.2	13.1	182.6	5.55	9.55	5.8	65.5	○	○	
54	15	19	21	21	5	20	13	7	29	4.6	13.6	178.6	4.78	10.38	5.7	59.4	○	○	
55	14	39	6	7	0	39	6	30	6	4.2	12.8	165.4	4.11	9.50	5.3	57.7	○	○	
56	14	40	7	7	7	6	6	0	6	4.6	12.6	164.8	4.66	10.25	5.8	53.9	○	○	
57	14	37	14	15	0	7	6	8	7	4.7	13.8	182.0	6.15	10.35	5.2	51.4	○	○	
58	14	39	14	16	4	8	7	3	6	4.6	13.4	159.3	6.37	8.76	5.1	51.0	○	○	
59	14	40	19	9	5	28	19	12	5	4.5	13.2	158.7	5.48	9.46	5.1	55.4	○	○	
60	14	39	9	20	0	25	16	11	56	4.8	13.7	156.3	4.68	10.14	5.0	52.8	○	○	

備考: (1) 樹脂被覆厚測定 〇=1.5% (角) 7.5<△≤1.0 (可) X>1.0 (不可)
(2) ボール形状判定基準 〇=真球・微細孔なし/微小 X=右真球・微細孔大

【0038】

【表7】

実施例その8 (表7)

No.	元 素 含 有 量 (wt. ppm)									機 械 的 強 度		ループ高さ		ワイヤ成形率(%)	プル強度(gf)	シニア強度(gf)	樹脂剥離試験	ボール試験
	Be	Ca	Y	La	Ag	Cu	Pd	Pt	In	E.1(N)	E.1(gf)	(μm)	σ					
1	0.6	8	4	7	0	0	0	0	10	4.2	11.0	184.8	3.41	8.32	5.9	72.2	△	○
2	0.5	8	7	6	0	0	0	0	30	4.4	10.8	192.5	4.27	8.15	6.1	71.7	△	○
3	0.7	4	8	6	0	0	0	0	60	4.1	11.2	195.9	4.18	8.70	6.2	71.9	○	○
4	0.6	8	8	30	0	0	0	0	10	4.5	11.3	161.4	3.75	7.50	5.6	71.8	○	○
5	0.7	8	7	20	0	0	0	0	30	4.1	11.6	171.8	4.22	9.01	5.9	71.1	○	○
6	0.5	4	7	30	0	0	0	0	50	4.2	11.7	171.1	4.00	8.32	5.9	70.7	○	○
7	0.7	3	11	11	0	0	0	0	10	4.2	11.0	183.8	3.42	8.86	5.9	72.0	△	○
8	0.6	8	12	11	0	0	0	0	30	4.4	10.9	191.8	4.30	9.28	6.1	71.4	○	○
9	0.5	4	21	20	0	0	0	0	11	4.1	11.7	149.4	4.22	8.99	4.8	70.8	○	○
10	0.6	4	21	20	0	0	0	0	59	4.4	11.4	169.6	3.99	8.27	5.1	69.7	○	○
11	0.6	3	30	6	0	0	0	0	10	4.5	11.1	146.1	3.38	8.24	4.7	71.2	○	○
12	0.5	8	29	7	0	0	0	0	30	4.1	11.4	187.3	4.20	8.94	5.0	71.8	○	○
13	0.7	4	30	8	0	0	0	0	60	4.2	11.5	167.4	3.95	8.14	5.0	70.1	○	○
14	0.7	4	29	30	0	0	0	0	11	4.1	12.2	120.5	3.27	8.89	4.3	68.2	○	○
15	0.6	4	30	27	0	0	0	0	57	4.4	11.9	143.6	3.90	7.87	4.8	68.9	○	○
16	0.5	20	8	6	0	0	0	0	10	4.2	11.6	151.8	3.13	8.43	4.9	68.4	○	○
17	1	20	7	8	0	0	0	0	30	4.2	12.1	155.1	3.51	9.69	5.0	68.8	○	○
18	0.6	21	8	8	0	0	0	0	60	4.3	11.5	172.9	4.56	7.18	5.5	67.9	○	○
19	0.5	20	8	29	0	0	0	0	10	4.3	12.2	132.3	3.85	8.16	4.6	67.2	○	○

【0039】

20 【表8】

実施例その8 (表7のつづき-1)

No.	元素含有量 (wt. ppm)										機械的強度		ループ高さ		ワイヤ 成形率 (%)	プル 強度 (gf)	シニア 強度 (gf)	樹脂 剥離 試験	ボール 試験
	Be	Ca	Y	La	Ag	Cu	Pd	Pt	In	E.1(N)	E.1(gf)	(mm)	σ						
20	0.9	20	7	29	0	0	0	0	30	4.1	12.6	131.7	3.28	8.93	4.8	65.5	○	○	
21	0.6	21	6	30	0	0	0	0	60	4.2	12.2	149.3	3.94	8.10	5.2	67.1	○	○	
22	0.8	20	30	6	0	0	0	0	10	4.3	12.0	117.0	3.23	8.77	4.2	68.5	○	○	
23	1.1	20	29	6	0	0	0	0	30	4.1	12.6	118.2	3.80	7.68	4.3	65.0	○	○	
24	0.6	21	30	7	0	0	0	0	60	4.2	12.0	184.0	4.87	9.49	4.8	68.0	○	○	
25	0.8	39	6	7	0	0	0	0	10	4.2	11.9	143.0	4.42	9.82	4.6	63.9	○	○	
26	0.7	38	6	6	0	0	0	0	30	4.2	12.5	142.7	4.53	7.07	4.6	62.8	○	○	
27	0.5	40	8	6	0	0	0	0	60	4.3	11.8	153.3	3.88	7.86	5.1	64.1	○	○	
28	0.6	39	6	19	0	0	0	0	10	4.3	12.1	133.2	4.53	7.09	4.5	63.9	○	○	
29	0.5	40	8	18	0	0	0	0	30	4.2	12.1	151.5	3.88	7.92	5.2	65.8	○	○	
30	0.7	39	19	6	0	0	0	0	10	4.3	12.0	128.6	4.58	7.24	4.1	63.0	○	○	
31	0.8	40	18	8	0	0	0	0	60	4.2	12.0	145.9	4.09	8.32	4.7	63.5	○	○	
32	8	3	11	11	0	0	0	0	12	4.3	11.1	173.6	3.42	9.36	5.6	70.1	○	○	
33	8	4	10	11	0	0	0	0	53	4.5	11.0	189.7	4.30	8.27	6.0	70.4	○	○	
34	8	3	21	19	0	0	0	0	12	4.4	11.5	145.4	4.22	8.01	4.7	68.6	○	○	
35	8	4	28	29	0	0	0	0	28	4.8	12.2	121.9	4.00	8.32	4.1	67.5	○	○	
36	6	12	6	11	0	0	0	0	29	4.5	11.5	165.8	3.42	8.88	5.8	68.0	○	○	
37	5	11	20	20	0	0	0	0	30	4.6	11.8	139.7	4.80	8.27	4.9	67.8	○	○	
38	8	20	10	10	0	0	0	0	12	4.2	12.0	150.2	4.28	8.03	4.8	66.5	○	○	

【0040】

【表9】

実施例その3 (表7のつづき-2)

No.	元素含有量 (wt. ppm)										機械的強度		ループ高さ		ワイヤ 形状係数 (%)	プル 強度 (gf)	シニア 強度 (gf)	樹脂 剥離 試験	ボール 試験
	Be	Ca	Y	La	Ag	Cu	Pd	Pt	In	Sn	E.1(N)	E.1(gf)	(μm)	σ					
39	7	22	11	11	0	0	0	0	80	4	12.3	12.3	182.6	4.02	8.38	5.2	66.5	○	○
40	8	20	22	21	0	0	0	0	12	4.2	12.7	12.7	112.1	3.45	8.48	4.0	64.8	○	○
41	7	22	20	19	0	0	0	0	57	4.3	12.5	12.5	184.0	4.40	8.58	4.7	64.8	○	○
42	8	20	24	24	0	0	0	0	28	4.5	12.5	12.5	114.1	4.48	8.84	4.2	65.1	○	○
43	7	28	19	21	0	0	0	0	30	4.5	12.5	12.5	122.4	3.21	8.70	4.5	64.3	○	○
44	15	4	8	8	0	0	0	0	10	4.1	11.4	11.4	151.1	3.74	7.50	5.2	69.6	○	○
45	15	3	7	7	0	0	0	0	60	4	11.4	11.4	182.4	4.22	9.00	5.8	69.3	○	○
46	15	4	29	8	0	0	0	0	10	4.4	11.8	11.8	124.8	4.00	8.30	4.1	67.8	○	○
47	15	3	30	6	0	0	0	0	60	4.2	11.7	11.7	143.8	3.40	9.32	4.8	67.4	○	○
48	15	4	8	29	0	0	0	0	10	4.4	11.8	11.8	137.2	4.28	9.14	4.8	68.3	○	○
49	15	8	7	30	0	0	0	0	60	4.2	11.8	11.8	157.1	4.12	8.88	5.4	68.4	○	○
50	15	20	8	8	0	0	0	0	10	4.1	12.3	12.3	134.9	3.73	7.44	4.4	65.5	○	○
51	15	18	6	6	0	0	0	0	60	4.2	12.1	12.1	153.9	4.17	8.86	5.3	68.3	○	○
52	15	20	8	6	0	0	0	0	80	4.2	12.2	12.2	154.0	3.87	7.91	4.9	68.1	○	○
53	15	20	7	28	0	0	0	0	10	4.4	12.6	12.6	111.4	4.57	7.21	4.0	64.7	○	○
54	15	20	8	29	0	0	0	0	60	4.2	12.8	12.8	129.8	3.98	8.24	4.5	64.7	○	○
55	14	20	11	11	0	0	0	0	10	4.2	12.2	12.2	137.5	3.35	9.16	4.7	68.2	○	○
56	15	22	12	11	0	0	0	0	58	4.4	12.1	12.1	150.0	4.13	8.72	5.1	65.0	○	○
57	13	20	21	20	0	0	0	0	11	4.1	12.8	12.8	107.9	3.78	7.55	4.2	64.7	○	○

【0041】

【表10】

実施例その3 (表7のつづき-3)

No.	元素含有量 (wt. ppm)										機械的強度		ループ高さ		ワイヤ 形状係数 (%)	プル 強度 (gf)	シニア 強度 (gf)	樹脂 剥離 試験	ボール 試験
	Be	Ca	Y	La, Ce	Ag	Cu	Pd	Pt	In	Sn	E.1(N)	E.1(gf)	(μm)	σ					
58	15	22	21	20	0	0	0	0	57	4.4	12.6	12.6	120.3	4.02	8.38	4.0	63.6	○	○
59	15	20	28	8	0	0	0	0	10	4.4	12.4	12.4	100.5	3.45	8.48	4.1	63.8	○	○
60	15	20	29	8	0	0	0	0	60	4.2	12.5	12.5	117.2	4.40	8.58	4.2	64.3	○	○
61	15	40	6	8	0	0	0	0	10	4.1	12.8	12.8	122.6	4.48	8.84	4.0	61.7	○	○
62	15	39	8	7	0	0	0	0	80	4.2	12.7	12.7	135.7	3.21	8.70	4.4	61.1	○	○
63	15	40	6	18	0	0	0	0	10	4.4	12.8	12.8	112.3	3.74	7.50	4.0	61.0	○	○
64	15	39	7	17	0	0	0	0	60	4.2	12.9	12.9	129.6	4.22	9.00	4.5	64.1	○	○
65	13	37	11	11	0	0	0	0	10	4.6	12.3	12.3	127.4	4.00	8.30	4.8	62.5	○	○
66	15	38	12	11	0	0	0	0	58	4.4	12.5	12.5	139.3	3.40	9.32	5.2	61.5	○	○
67	13	37	18	15	0	0	0	0	12	4.6	12.5	12.5	113.7	4.26	9.14	4.4	61.3	○	○
68	15	39	14	16	0	0	0	0	58	4.4	12.7	12.7	128.5	4.12	8.68	4.8	61.3	○	○
69	15	40	18	6	0	0	0	0	10	4.4	12.7	12.7	108.7	3.73	7.44	4.0	61.0	○	○
70	14	39	17	7	0	0	0	0	80	4.2	12.8	12.8	127.5	4.17	8.86	4.9	64.0	○	○
71	0.7	4	11	5.7	0	0	0	0	15	4.1	11.1	11.1	187.4	3.91	8.31	6.0	71.0	○	○
72	8	20	10	8.5	0	0	0	0	30	4.6	11.9	11.9	138.5	4.20	8.33	5.7	68.8	○	○
73	7	22	15	21.15	0	0	0	0	17	4.3	12.4	12.4	133.1	4.15	8.54	4.5	64.3	○	○

備考: (1) 樹脂剥離試験基準 ○ ≤ 7.5% (良) 7.5 < △ ≤ 1.0 (可) × > 1.0 (不可)
(2) ボール形試験基準 ○ 真球・収縮なし 小 △ 真球・収縮小 × 否真球・収縮大

【0042】

【表11】

実施例その4 (表11)

No.	元素含有量 (wt. ppm)										機械的強度		ループ高さ		ワイヤ 変形量 (%)	プル 強度 (gf)	シニア 強度 (gf)	樹脂 付着 試験	ボール 試験
	Be	Ca	Y	La	Ag	Cu	Pd	Pt	In	E.1(N)	B.1(gf)		(μ m)	σ					
1	0.6	3	6	6	5	5	5	—	10	4.2	11.0		184.3	6.13	7.47	5.9	74.3	○	○
2	0.6	3	7	6	5	5	—	5	11	4.3	11.1		185.7	6.18	9.47	6.1	75.1	○	○
3	0.7	3	12	11	40	30	30	—	10	4.4	10.8		182.7	5.14	8.24	5.8	77.6	○	○
4	0.6	4	11	11	40	30	—	29	10	4.5	10.6		184.3	5.85	9.52	5.9	78.9	○	○
5	0.6	4	12	11	40	30	15	14	9	4.4	10.8		182.7	5.49	8.38	5.8	77.6	○	○
6	0.5	3	30	11	24	18	6	19	10	4.5	11.1		148.1	5.99	7.10	4.7	73.9	○	○
7	0.6	8	30	11	25	18	29	—	10	4.3	11.3		145.5	6.36	8.25	4.9	75.1	○	○
8	0.5	20	13	11	37	28	6	—	10	4.2	11.6		152.7	5.87	9.55	5.0	73.3	○	○
9	0.5	20	10	11	26	28	—	6	10	4.3	11.5		152.0	5.52	8.47	4.9	72.9	○	○
10	0.7	21	11	11	30	6	20	—	60	4.3	11.5		172.9	6.07	7.35	5.5	72.8	○	○
11	0.7	29	11	11	5	5	—	30	10	4.2	11.9		143.0	6.58	8.93	4.6	69.4	○	○
12	0.9	40	12	11	30	20	8	7	80	4.3	11.8		158.8	6.47	8.59	5.1	69.3	○	○
13	0.8	20	30	11	5	5	5	—	10	4.3	12.0		117.0	6.17	7.66	4.2	69.6	○	○
14	0.7	20	30	11	5	5	—	5	10	4.4	11.8		115.8	6.88	8.96	4.1	69.6	○	○
15	0.6	21	30	11	20	15	10	—	60	4.2	12.0		134.0	6.24	7.89	4.3	70.9	○	○
16	0.7	39	19	11	10	15	10	5	10	4.3	11.8		128.6	5.55	8.58	4.9	68.3	○	○
17	0.8	40	18	11	5	30	5	10	60	4.2	12.0		145.9	6.18	7.87	4.7	68.2	○	○
18	5	12	11	11	7	6	8	—	28	4.5	11.5		188.9	6.83	6.90	8.2	72.2	○	○
19	6	12	12	11	19	11	—	14	28	4.2	11.8		183.5	6.18	7.71	6.1	73.0	○	○

【0043】

【表12】

実施例その4 (表11のつぎ—1)

No.	元素含有量 (wt. ppm)										機械的強度		ループ高さ		ワイヤ 変形量 (%)	プル 強度 (gf)	シニア 強度 (gf)	樹脂 付着 試験	ボール 試験
	Be	Ca	Y	La	Ag	Cu	Pd	Pt	In	E.1(N)	B.1(gf)		(μ m)	σ					
20	4	12	13	12	29	18	3	10	29	4.3	11.7		184.8	6.90	7.09	6.1	73.6	○	○
21	6	12	11	12	37	28	20	9	29	4.5	11.6		186.2	6.35	8.22	6.2	74.8	○	○
22	7	20	24	25	10	8	6	5	28	4.4	12.7		112.9	5.84	9.47	4.8	69.2	○	○
23	6	20	24	24	18	14	8	20	28	4.5	12.5		115.7	5.44	8.29	4.4	70.4	○	○
24	6	20	23	24	29	8	11	6	28	4.3	12.7		117.5	5.88	9.51	4.4	70.1	○	○
25	7	28	19	21	37	14	9	—	30	4.5	12.5		124.0	5.48	8.35	4.7	69.5	○	○
26	4	26	20	20	29	13	9	5	30	4.6	12.3		127.6	5.98	7.03	4.8	69.9	○	○
27	6	28	19	18	10	29	3	10	30	4.5	12.4		129.1	6.30	8.07	4.8	69.7	○	○
28	8	20	11	11	5	30	20	10	30	4.2	12.1		155.1	5.71	8.05	5.9	71.7	○	○
29	8	20	29	11	40	30	15	15	30	4.1	12.6		118.2	6.58	8.93	4.2	71.9	○	○
30	8	38	19	11	5	15	30	—	30	4.1	12.8		126.2	6.47	8.59	4.1	67.3	○	○
31	7	38	11	11	5	5	—	8	30	4.2	12.5		142.7	6.17	7.66	4.6	68.8	○	○
32	12	18	12	11	29	17	6	8	29	4.2	11.9		154.7	6.85	7.16	5.7	72.9	○	○
33	15	20	11	12	46	5	—	6	10	4.1	12.3		134.9	6.23	7.85	4.4	70.4	○	○
34	15	20	11	11	5	30	5	—	60	4.2	12.2		154.0	6.52	8.47	4.9	70.3	○	○
35	15	40	11	11	20	15	10	—	10	4.1	12.8		122.6	6.07	7.38	4.9	67.3	○	○
36	15	39	13	12	40	30	6	24	60	4.2	12.7		135.7	6.59	8.95	4.4	69.2	○	○
37	15	3	30	11	90	20	8	4	60	4.2	11.7		143.8	6.48	8.63	4.6	73.0	○	○
38	15	20	28	12	25	18	14	15	10	4.4	12.4		100.5	4.76	7.77	4.0	70.5	○	○

【0044】

【表13】

実施例その4 (表11のつづき-2)

No.	元 素 含 有 量 (wt. ppm)										機 械 的 強 度		ループ高さ		ワイヤ 変形率 (%)	プル 強度 (gf)	シヤア 度 (gf)	断 断 評 価	ボ ル 評 価	一 次 化 学 性
	Be	Ca	Y	La, Ce	Ag	Cu	Pd	Pt	In	E.1(X)	B.1(gf)	(μm)	σ							
39	15	20	29	11	15	30	30	—	60	4.2	12.6	117.2	5.45	8.25	4.1	70.5	○	○		
40	14	21	28	12	16	30	—	30	60	4.4	12.2	119.1	5.88	9.58	4.2	71.1	○	○		
41	15	40	18	11	30	20	10	1	10	4.4	12.7	108.7	5.52	8.49	3.5	67.2	○	○		
42	15	39	17	12	5	5	3	5	60	4.3	12.8	127.5	6.08	7.89	4.1	65.5	○	○		
43	7	20	12	10.10	8	28	18	10	30	4.3	12.3	154.1	5.63	8.65	4.9	70.4	○	○		
44	8	35	18	9.13	5	5	—	5	25	4.2	12.8	120.4	6.63	7.82	4.5	68.5	○	○		
45	15	21	28	13.8	15	30	3	25	65	4.4	12.6	112.3	5.54	8.41	4.0	70.8	○	○		

備考: (1) 断断破れ評価基準 ○ ≤ 7.5% (可) △ 7.5% < Δ ≤ 10% (可) × > 10% (不可)
 (2) ボール形状評価基準 ○ 真球・収縮孔なし/微小 △ 7.5% < Δ ≤ 10% (可) × > 10% (不可)

【0045】

20 【表14】

比較例その1 (表14)

No.	元 素 含 有 量 (wt. ppm)										機 械 的 強 度		ループ高さ		ワイヤ変形率(%)	プル強度(gf)	シヤア度(gf)	断断評価	ボル評価	化 学 性
	Be	Ca	Y	Ce	Ag	Cu	Pd	Pt	In	E.1(X)	B.1(gf)	(μm)	σ							
1	0.0	14	14	14	12	12	0	0	0	4.4	12.9	153.1	8.33	10.40	4.9	53.9	△	○		
2	0.1	14	14	14	0	1	1	1	4	4.0	13.2	178.7	7.90	10.72	5.6	57.9	△	○		
3	0.4	2	1	2	0	30	20	0	2	4.0	11.1	216.8	8.73	10.28	6.8	68.8	×	○		
4	0.3	1	8	0	0	0	30	30	78	4.6	10.0	201.8	7.70	11.41	6.3	67.0	×	○		
5	0.2	8	2	2	5	0	0	0	20	4.0	11.3	224.5	8.70	10.99	7.0	65.6	×	○		
6	0.2	20	4	0	20	10	1	20	30	4.7	10.8	198.4	8.91	10.88	6.2	63.7	×	○		
7	0	21	1	3	0	0	0	0	0	4.5	11.5	157.3	7.85	11.64	5.0	57.2	△	○		
8	0	19	28	30	3	20	10	10	10	4.5	14.0	171.6	6.61	10.09	5.4	59.2	△	○		
9	0	50	1	28	0	30	0	0	30	4.5	13.4	165.3	7.37	8.65	5.2	43.6	○	×		
10	7	3	1	0	0	0	50	10	0	4.5	10.3	192.8	8.81	10.75	8.1	88.7	×	○		
11	8	4	3	40	20	0	0	40	1	4.6	13.2	188.8	9.00	9.05	5.9	61.5	△	○		
12	6	4	35	2	0	1	40	0	8	4.0	12.4	203.4	8.10	10.03	6.4	59.1	△	○		
13	5	6	32	34	1	0	0	0	58	4.0	14.4	181.8	7.27	11.13	5.7	57.3	△	×		
14	8	4	2	50	20	12	30	20	1	4.8	12.4	187.9	6.66	10.16	5.9	68.9	○	×		
15	8	4	35	29	30	0	0	30	9	4.7	13.7	194.8	7.49	9.78	8.1	56.1	△	○		
16	5	44	36	0	0	0	0	0	29	4.5	12.3	169.5	8.15	10.11	5.4	47.3	○	×		
17	6	43	1	42	1	0	10	1	45	4.5	13.9	180.2	7.41	9.95	5.1	46.3	○	×		
18	6	45	2	1	0	5	0	0	15	4.4	11.8	174.8	7.93	8.77	5.3	52.1	△	○		
19	8	50	0	4	10	20	20	10	2	4.7	11.7	180.6	8.82	10.42	5.1	55.7	△	×		
20	16	42	2	1	0	0	60	0	10	4.0	12.1	172.6	10.84	8.79	5.4	50.6	△	○		

【0046】

40 【表15】

比較例その1 (表14のつづき)

No.	元素含有量 (wt. ppm)										機械的強度		ループ高さ		ファイヤ 形状係数 (%)	ブル 強度 (gf)	シニア 強度 (gf)	樹脂 付着 試験	ボール 付着 試験
	Be	Ca	Y	Ce	Ag	Cu	Pd	Pt	In	Sn	E.1(X)	B.1(gf)	(μm)	σ					
21	17	48	10	0	50	8	0	50	20	4.0	12.0		173.1	11.85	10.07	5.5	50.5	○	×
22	18	80	0	0	0	0	0	0	0	4.8	10.9		138.4	10.82	11.91	4.4	52.7	△	×
23	20	43	10	10	40	0	1	40	10	4.8	12.9		163.4	7.06	10.80	5.2	45.4	○	×
24	10	20	0	0	0	0	0	0	10	4.6	10.5		188.2	11.29	10.81	6.2	62.5	△	○
25	10	40	0	0	0	0	0	0	10	4.5	10.8		181.2	10.80	10.83	5.7	57.6	△	○
26	10	80	0	0	0	0	0	0	10	4.6	11.0		170.9	9.88	10.88	5.4	52.5	△	×

備考: (1) 樹脂付着試験基準 0 ≤ 5% (良) 5 < Δ ≤ 10 (可) × > 10 (不可)
 (2) ボール付着試験基準 0 真球: 収縮孔なし/微小 × 古真球: 収縮孔大

【0047】

20 【表16】

比較例その2 (表16)

No.	元素含有量 (wt. ppm)										機械的強度		ループ高さ		ファイヤ 形状係数 (%)	ブル 強度 (gf)	シニア 強度 (gf)	樹脂 付着 試験	ボール 付着 試験
	Be	Ca	Y	La	Ag	Cu	Pd	Pt	In	Sn	E.1(X)	B.1(gf)	(μm)	σ					
1	0	2	1	1	0	0	0	0	3	4	9.2		214.5	8.21	11.75	7.3	73.3	×	○
2	0	1	1	3	0	0	0	0	65	4.4	9.1		246.2	11.1	11.59	8.4	73.4	×	○
3	0	22	20	0	0	0	0	0	2	4.2	11.1		140.0	8.87	8.34	4.9	68.0	△	○
4	0	20	21	0	0	0	0	0	28	4.5	10.9		158.6	8.25	8.25	5.5	68.4	△	○
5	0	10	15	8	0	0	0	0	10	4.4	11.5		163.6	8.20	8.20	5.7	67.1	△	○
6	0	51	5	8	0	0	0	0	30	4.2	12.4		163.1	8.14	9.05	5.7	55.7	○	×
7	5	2	0	5	0	0	0	0	2	4.6	9.1		201.7	10.9	11.26	6.9	71.5	×	○
8	5	1	5	0	0	0	0	0	15	4.3	9.1		217.5	11.3	10.19	7.8	71.6	×	○
9	4	1	3	5	0	0	0	0	65	4.4	9.1		232.8	10.6	11.43	7.5	71.8	×	○
10	10	2	5	5	0	0	0	0	0	4.6	9.3		167.5	9.78	10.67	5.8	68.3	△	○
11	11	1	5	8	0	0	0	0	10	4.5	9.4		194.1	10.1	8.51	6.7	70.2	×	○
12	9	22	20	0	0	0	0	0	2	4.2	10.9		184.5	8.42	8.80	4.4	58.9	△	○
13	10	20	21	0	0	0	0	0	28	4.5	10.6		141.4	8.65	10.38	4.5	57.2	△	○
14	11	10	15	3	0	0	0	0	10	4.4	10.3		150.8	9.25	11.93	5.3	55.1	△	○
15	12	51	5	8	0	0	0	0	30	4.2	11.5		142.5	9.28	12.01	5.0	53.8	○	×
16	20	49	0	0	0	0	0	0	1	4.8	10.7		128.1	9.37	12.23	4.5	58.3	△	×
17	21	51	0	0	0	0	0	0	70	4.5	11.0		157.4	8.00	11.22	5.5	52.3	○	×
18	20	49	89	0	0	0	0	0	1	4.8	11.6		88.5	8.54	10.10	3.2	49.4	○	×
19	21	51	0	42	0	0	0	0	70	4.5	12.4		106.6	8.96	8.68	3.8	44.5	○	×

【0048】

【表17】

比較例その2 (表18のつづき-1)

No.	元素含有量 (wt. ppm)									機械的強度		ループ高さ		ワイヤ 成形率 (%)	フル 強度 (gf)	シニア 度 (gf)	樹脂 封止 状態	ボン ド 状態
	Be	Ca	Y	La	Ag	Cu	Pd	Pt	Ir	E.I.(%)	B.I.(gf)	(μ m)	σ					
20	18	50	41	38	0	0	0	0	1	4.8	12.0	77.5	7.49	8.38	2.9	58.4	○	×
21	20	52	40	42	0	0	0	0	70	4.5	13.3	75.2	8.84	10.87	3.4	47.7	○	×
22	0	2	5	5	10	0	0	0	3	4	9.9	201.4	10.5	11.65	6.8	72.7	△	○
23	0	1	5	8	0	10	0	0	65	4.4	9.2	231.9	8.99	8.44	7.9	71.7	×	○
24	0	22	20	0	0	0	9	0	2	4.2	10.7	140.0	9.58	7.26	4.9	64.1	△	○
25	0	21	22	0	0	0	0	12	2	4.3	10.0	142.2	9.08	8.69	5.1	68.7	△	○
26	0	20	21	0	10	10	0	0	28	4.5	9.9	158.6	8.82	8.93	5.5	60.9	△	○
27	0	10	15	8	8	0	14	0	10	4.4	9.9	163.6	8.11	8.70	5.7	65.7	△	○
28	0	10	15	8	9	0	0	10	10	4.3	10.2	164.3	8.83	7.97	5.8	68.9	△	○
29	0	51	5	8	0	11	13	0	30	4.2	10.4	168.1	8.15	8.81	5.7	48.8	○	×
30	5	2	5	5	4	10	0	0	2	4.8	9.2	181.5	8.93	8.27	6.6	65.6	△	○
31	5	2	5	5	4	10	8	8	2	4.4	9.9	189.2	8.42	9.80	8.3	65.7	△	○
32	5	1	5	8	45	0	0	0	15	4.9	9.4	207.6	9.65	10.68	7.1	68.8	△	○
33	4	1	5	8	0	39	0	0	63	4.4	9.3	224.8	11.8	11.85	7.6	64.9	△	○
34	10	2	5	5	0	0	37	0	2	4.6	8.3	182.9	8.91	12.07	6.3	87.0	△	○
35	11	1	5	8	50	4	20	0	10	4.3	8.4	194.1	12.5	10.90	8.7	87.8	△	○
36	9	22	20	0	47	28	0	0	2	4.2	10.9	124.5	11.5	9.84	4.4	58.7	△	○
37	10	20	21	0	45	2	18	0	28	4.5	10.6	141.4	10.9	11.18	4.9	59.2	△	○
38	11	10	15	8	4	23	10	16	10	4.4	10.5	144.8	8.35	9.35	5.1	65.8	△	○

【0049】

【表18】

比較例その2 (表18のつづき-2)

No.	元素含有量 (wt. ppm)									機械的強度		ループ高さ		ワイヤ 成形率 (%)	フル 強度 (gf)	シニア 度 (gf)	樹脂 封止 状態	ボン ド 状態
	Be	Ca	Y	La	Ag	Cu	Pd	Pt	Ir	E.I.(%)	B.I.(gf)	(μ m)	σ					
39	12	31	5	8	47	35	30	10	30	4.2	11.1	152.8	12.4	8.82	5.3	63.1	○	×
40	15	48	21	0	45	2	8	10	28	4.6	11.3	115.4	8.96	7.78	4.1	54.5	○	×
41	15	48	28	27	4	23	26	12	10	4.4	12.4	58.8	8.96	8.29	3.3	52.6	○	×
42	16	61	32	33	47	35	13	35	30	4.2	13.0	48.5	8.84	8.68	3.0	48.9	○	×

備考: (1) 樹脂封止率評価基準 ○ ≤ 1.5% (良) 1.5 < △ ≤ 1.0 (可) × > 1.0 (不可)
(2) ボンド形状評価基準 ○ 真球・収縮なし/微小 △ 真球・収縮あり × 偽球・収縮大

【0050】

【発明の効果】本発明の合金細線は、ループ高さのバラツキが小さく、樹脂封止後のワイヤ流れが少ないことから、所謂ロングスパン用のボンディングワイヤとして有用な効果を有していることから、工業上極めて有用な特性を有するものである。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の代表的な成分についてのインジウム、イットリウム、およびセリウムまたはランタンの含有量

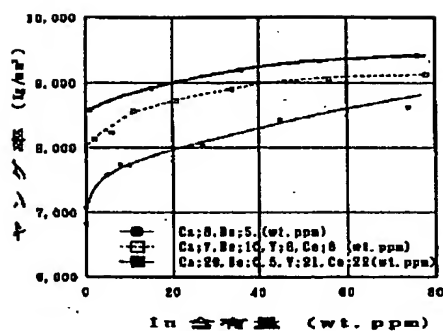
によるヤング率の変化を示す図である。

【図2】ヤング率の値と樹脂封止後のワイヤ流れ量との関係を示す図である。

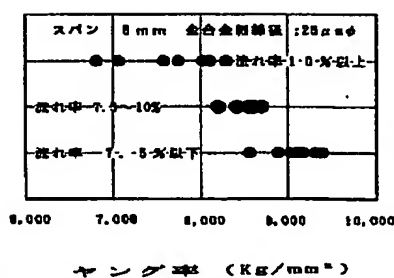
【図3】本発明の代表的な成分についてのインジウム、イットリウム、およびセリウムまたはランタンの含有量によるヤング率の変化を示す図である。

【図4】ヤング率の値と樹脂封止後のワイヤ流れ量との関係を示す図である。

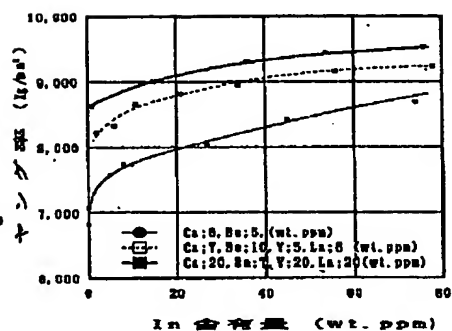
【図1】



【図2】



【図3】



【図4】

